

黄土塬区小麦茎流速率变化及其与环境的关系

张蓓蓓¹, 甘卓亭¹, 周旗¹, 刘文兆²

(1. 宝鸡文理学院 地理与环境学院 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 陕西 宝鸡 721016;
2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 利用 Dynamax 茎流测量系统和自动气象站分别对黄土塬区小麦(陕麦 150)拔节期和开花期的液流变化及其周围气象环境因子变化进行了监测。结果表明:(1) 两个时期小麦茎流速率日变化趋势基本相同, 为单峰型;液流启动时间分别为早晨 7:00—8:00 和 6:00—7:00, 在中午 12:00—14:00 左右达到各自峰值, 其值大小分别为 1.90 和 2.66 g/h(4 月 24 日和 25 日, 晴天, 拔节期), 3.39 和 2.96 g/h(5 月 18 日和 19 日, 晴天, 开花期), 21:00 左右降到最低, 夜间无明显液流;晴天茎流速率明显大于阴天。(2) 不同时期茎流速率日变化与环境因子日变化紧密相关。相关分析显示, 影响小麦茎流变化的主要因子是光合有效辐射、大气温度、湿度和风速等;其中, 湿度与茎流速率负相关。

关键词: 小麦; 茎流速率; 环境因子; 蒸腾

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0010-04

中图分类号: S512.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.003

Relationship Between Wheat Sap Flow Velocity and Environmental Factors on Loess Tableland

ZHANG Bei-bei¹, GAN Zhuo-ting¹, ZHOU Qi¹, LIU Wen-zhao²

(1. Shaanxi Key Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Modeling, College of

Geography and Environment, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721016, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The daily sap flow velocity of wheat was measured using Dynamax Flow 32 and the environmental factors were monitored using Automatic Weather Station System at the jointing and flowering stages. The relationships between sap flow velocity and environmental factors were also analyzed. Results showed that (1) the curve for diurnal variation of sap flow had a peak. The trend was the same at jointing and flowering stages. Sap flows at the two stages started at 7:00—8:00 and 6:00—7:00, respectively. The maximum sap flow velocity was observed at 12:00—14:00, and the values were 1.90 and 2.66 g/h (24th and 25th, April, sunny day, jointing stage) and 3.39 and 2.96 g/h (0518 and 0519, sunny day, flowering stage), respectively. Then the sap flow velocity dropped down to the lowest at 21:00 and no sap flow was observed at night. The value of sap flow on sunny day was higher than that on cloudy day. (2) There was a similar trend between sap flow velocity and environmental factors. The relationships among them were significant. There was a negative significant correlation between sap flow velocity and humidity, while it showed positive correlations with other environmental factors. From correlation analysis, their coefficients were in the order of photosynthetically active radiation > air temperature > humidity > wind speed.

Keywords: wheat; sap flow velocity; environmental factor; transpiration

水是植物生长和发育的必要条件之一,近年来随着水资源的日益匮乏,水越来越成为限制农业生产发展的主要因素,全世界由于干旱造成农作物的损失要

大于其他原因所致损失的总和^[1]。在地处半干旱半湿润地区的黄土高原,农业水资源亏缺严重^[2]。水分胁迫使得作物的气孔行为及蒸腾速率等均发生了不

收稿日期:2013-04-25

修回日期:2013-05-03

资助项目:陕西省教育厅自然科学专项“基于稳定性 $\delta^{13}\text{C}$ 技术下黄土塬区小麦水分利用效率及木聚糖关系研究”(2013JK0728); 宝鸡文理学院重点项目“气候变化对农田生态系统的影响及评价体系的建立”(ZK11065)

作者简介:张蓓蓓(1983—),女(汉族),河南省沈丘县人,博士,研究方向为生态学。E-mail:zbb83101@126.com。

通信作者:刘文兆(1960—),男(汉族),陕西省乾县人,博士,研究员,主要从事水文生态学研究。E-mail:wzliu@ms.iswc.ac.cn。

同程度的变化,进而影响到光合产物的积累、转运及分配,最终影响到产量水平^[3]。作物的蒸腾是一个复杂的生理过程,它既受作物本身形态结构和生理状况的制约,又受各种外界条件的影响,要准确地测定是非常困难的。而茎流计可在作物自然生长状况下适时监测单茎植物的蒸腾速率,其中以热平衡为原理的包裹式茎流探头在研究直径较小的植物茎流时具有明显优越性^[4-5]。

许多对茎流的研究大都集中在树木森林方面,而对一般农作物的测量较少^[6-9]。岳广阳等^[4]对黄柳和小叶锦鸡儿的茎流进行了测量分析。Xia等^[10]分析了中国西北半沙漠地区柠条锦鸡儿昼夜及季节性茎流变化等。本文以黄土旱塬小麦品种陕麦150为研究对象,采用Dynamax茎流测量系统直接测定小麦茎干液流速率,并根据同步获取的环境因子测值对小麦的蒸腾耗水特性和影响因子关系进行了分析。研究结果对于黄土塬区小麦水分的有效利用和管理具有重要的参考价值,为研究旱作小麦对气候条件的响应提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验品种及设计

选取小麦品种陕麦150进行种植,属半冬性,分蘖力强且快,早熟,长芒、白壳、白粒^[11]。随机区组设计,3次重复。小区内土壤深耕25 cm,旋耕12—15 cm。手工点播,基本苗 2.25×10^6 hm²。播深3 cm,行距20 cm,小区面积10 m²。

1.2 研究区概况

试验于2007年9月至2008年6月在黄土高原中部的陕西省长武县洪家乡王东村中国科学院长武黄土高原农业生态试验站进行,地理坐标为107°40′30″E,35°14′30″N,海拔1200 m,该区属暖温带半湿润偏旱气候,年均降水584 mm,年均气温9.1℃,≥10℃的积温3029℃,无霜期171 d。试验布置在未进行灌溉的旱作农耕地上,耕层0—20 cm,土壤含有机质14.3 g/kg,全氮0.97 g/kg,碱解氮68.26 mg/kg,速效磷22.1 mg/kg,速效钾156.7 mg/kg,pH值8.6。试验地平坦宽阔,黄土堆积深厚,土壤为黄黏黑垆土。

1.3 试验数据采集及处理

(1) 茎流速率。于拔节期和开花期间(4月23日,4月24日,4月25日,5月18日和5月19日为晴朗天气;5月20日为阴天)用美国Dynamax公司生产的Flow32包裹式茎流计测定小麦的茎流速率日变化,Flow32主要利用能量平衡原理,测量茎流流动

时产生热量变化,从而确定植物茎流和植物水分消耗(蒸腾)。该试验中,探头选用的是SGA 5,电压为4 V,于测定日期前一天傍晚选择茎秆粗壮的小麦,测其茎秆面积后进行包裹,2 d后进行数据采集,茎流计每1 h记录1次数据,茎流速率(g/h)。日茎流量(g)。

(2) 气象数据。包括光合有效辐射[PAR, mol/(m²·s)],相对湿度(%),风速(m/s)和空气温度(℃)等。

(3) 数据处理。试验数据采用Microsoft Office Excel 2003和SPSS 16.0进行统计处理。运用Pearson相关进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 拔节期和开花期小麦茎流速率日变化分析

从图1和表1中看出,拔节期间晴朗天气(4月)小麦茎流速率日变化趋势相似,整体上呈现单峰型。7:00以后茎流大幅度上升,并迅速到达液流活动的高峰状态,这个液流高峰可持续6~8 h。另外,由图1看出,茎流速率在中午峰值附近会出现波动,这是由于大气蒸发能力过高时会出现茎流速率高于根系吸水速率,导致导管内的水柱出现空穴而时断时续^[12]。连续3 d的茎流峰值分别为1.61,1.90和2.66 g/h,峰值之后茎流呈现下降趋势,夜晚茎流速率为0。

开花期间晴朗天气(5月18日和5月19日)12:00—14:00出现峰值,2 d茎流的峰值分别为3.39,2.96 g/h。两个时期茎流日变化规律进行比较,趋势基本一致,只是在出现及持续时间上有所差异;对于晴朗天气来说,开花期的峰值高于拔节期。

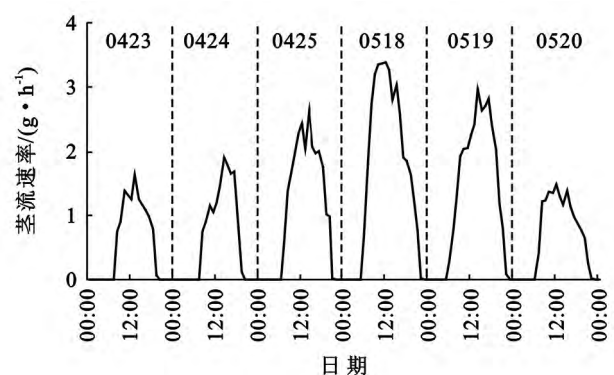


图1 陕麦150拔节期和开花期茎流速率连日变化

与晴天茎流相比,阴天茎流启动推迟,峰值变小。如图1和表1开花期5月20日所示,液流出现时间为7:00,且峰值仅为1.48 g/h,明显低于晴天水平,二者可相差2倍以上。从气象因子连日变化曲线看(图2—4),多云阴天天气由于太阳辐射强度小,空气温度低、空气相对湿度大,相应的茎流速率曲线峰值

低,而晴朗干燥天气的峰值高,说明不同生育期每日液流的最大值与当日的气象因子变化关系密切。同

时还可能与土壤水分状况及小麦自身蒸腾耗水的生理学特性有关^[13]。

表 1 陕麦 150 拔节期和开花期茎流速率连日变化

观测项目	拔节期			开花期		
	0423	0424	0425	0518	0519	0520
液流峰值出现时间	13:00	14:00	14:00	12:00	14:00	12:00
液流峰值/(g·h ⁻¹)	1.62	1.90	2.66	3.39	2.96	1.48

2.2 拔节期和开花期小麦茎流变化与环境因子关系

把与茎流同步测量的光合有效辐射、大气温度、湿度和风速等变化结果列于图 2—4。同时把两个时期茎流速率与环境因子的相关分析列于表 2。结果表明小麦茎流速率日变化趋势与各环境因子表观特征波动规律相似,这说明小麦茎秆的液流速率受环境因子影响明显。

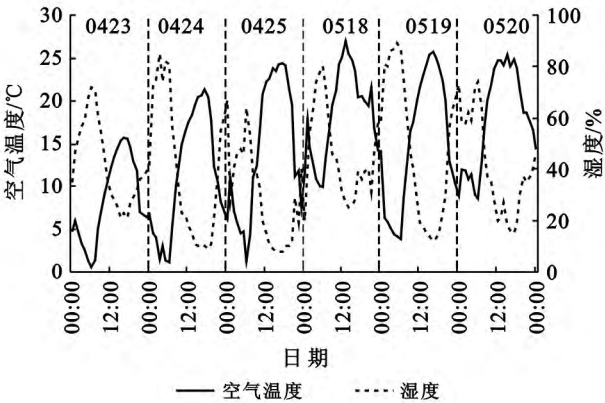


图 2 拔节期和开花期温度和湿度变化趋势

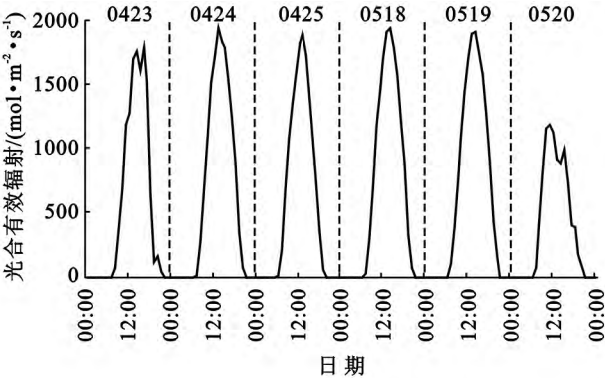


图 3 拔节期和开花期光合有效辐射变化趋势

太阳辐射既能诱导气孔启闭,又决定空气温度和相对湿度的变化,是影响植物茎流变化的最主要因子,液流启动和峰值出现的时间与光照紧密相关。由图 3 看出,太阳辐射强度最强出现在中午 13:00,茎流峰值一般也出现在 13:00 左右(图 1),说明太阳辐射强度变化与茎流变化有着很好的对应关系。晴朗天气下,太阳辐射强度大,茎流速率高;多云阴天情况下

(5 月 20 日),太阳辐射强度小,茎流速率随之减小。

除太阳辐射外,茎流速率还受到其他环境因子的影响。随着气温升高,饱和水气压提高,会增大细胞间隙与外界的水气压差,加速蒸腾水分的扩散。空气湿度降低,叶片细胞间的水气压差与空气的水气压差会增大,导致水分的扩散速率增大,从而增加了茎流的速率。由图 2 可见,空气温度与大气湿度的变化呈现相反的规律,在高温和低湿度的共同作用下,小麦叶片内外的蒸气压差加大,有利于水分从植物体向外逸出,蒸腾作用加强,从而使得茎流速率增加;反之,茎流速率降低^[14]。

风能将叶片外的水蒸汽吹走,减少叶片边界层阻力,影响小麦茎秆的茎流速率,从而使得茎流速率增大。另外,如果风速过大可能会引起气孔关闭,使得蒸腾速率变慢,茎流速率变小。

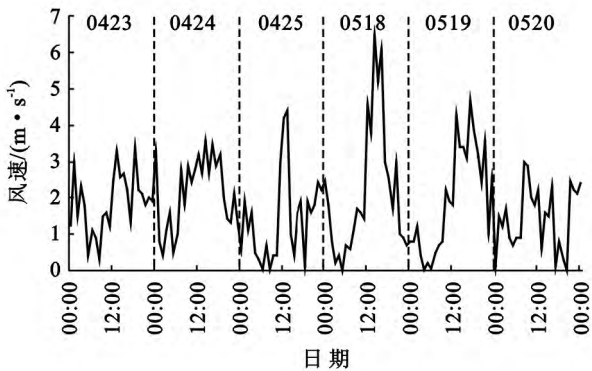


图 4 拔节期和开花期风速变化趋势

相关分析表明(表 2),影响小麦茎流变化的环境因子依次是太阳辐射强度、大气温度、相对湿度和风速。茎流速率的变化实际是受到环境因子综合影响的结果。

表 2 拔节期和开花期茎流速率与环境因子相关分析

指 标	光合有效辐射	温度/℃	湿度/%	风速/(m·s ⁻¹)
茎流速率/拔节期	0.86**	0.82**	-0.66**	0.28*
(g·h ⁻¹) 开花期	0.86**	0.73**	-0.63**	0.63**

注: * 表示 $p < 0.05$ 时相关性显著; ** 表示 $p < 0.01$ 时相关性极显著。

3 结论

利用茎流计可实时监测植物茎流速率的变化,操作简单,易于维护,测量精度也比较高。

本研究利用该实验仪器,结果表明:(1)小麦茎流速率日变化在晴朗天气下呈单峰曲线,早晨启动,中午达到峰值,晚上为零。两个时期小麦的茎流速率都存在明显的昼夜节律性。不同时期的茎流速率各不相同,产生这种现象的原因可能是不同时期土壤水分差异,以及各时期测量时日照强度的差异。多云阴天时,茎流速率明显降低。(2)小麦茎流速率日变化与环境因子日变化有很好的对应关系,其表现特征波动规律完全与同步检测的气象因子相吻合,这说明小麦茎秆的液流速率受环境因子影响明显。影响小麦茎流变化的环境因子依次是太阳辐射强度、大气温度、相对湿度和风速等。茎流速率的变化实际是受到环境因子综合影响的结果。

茎流速率是反映作物体内水分状况很好的生理指标,通过该生理指标预测作物水分需求、监测作物水分状况等具有良好的应用前景。受实验仪器及茎秆粗细的限制,只分析了小麦拔节期和开花期两个时期的茎流速率变化,以后应该增大样本数量进行研究,并且对其他作物及多个生育期进行测定。

[参 考 文 献]

- [1] 梅雪英. 水分胁迫对小麦生理生态及产量品质影响的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2004.
- [2] 山仑,徐萌. 节水农业及其生理生态基础[J]. 应用生态学报,1991,2(1):70-76.
- [3] 刘祖贵,孙景生,张寄阳,等. 亏缺灌溉对风沙区春小麦生长发育及水分生产效率的影响[J]. 灌溉排水,2002,21(3):28-31.
- [4] 岳广阳,张铜会,赵哈林,等. 科尔沁沙地黄柳和小叶锦鸡儿茎流及蒸腾特征[J]. 生态学报,2006,26(10):3205-3213.
- [5] Nagler P L, Glenn E P, Thompson T L. Comparison of transpiration rates among saltcedar, cottonwood and willow trees by sap flow and canopy temperature methods[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003,116(1/2):73-89.
- [6] Roberts S, Vertessy R, Grayson R. Transpiration from *Eucalyptus sieberi* (L. Johnson) forest of different age [J]. Forest Ecology Management, 2001,143(1/3):153-161.
- [7] Smith D M, Allen S J. Measurement of sap flow in plant stems[J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47(12):1833-1844.
- [8] Steinberg S L, Mcfarland M J, Worthington J. Comparison of trunk and branch sap flow with canopy transpiration in Pecan [J]. Journal of Experimental Botany, 1990,41(6):653-59.
- [9] Frederick C M, Shelle Y A, James, et al. Dynamics of transpiration, sap flow and use of stored water in tropical forest canopy trees[J]. Tree Physiology, 2004, 24(8):901-909.
- [10] Xia Guimin, Kang Saozhong, Li Fusheng, et al. Diurnal and seasonal variations of sap flow of *Caragana korshinskii* in the arid desert region of north-west China [J]. Hydrological Processes, 2008,22(8):1197-1205.
- [11] 任志龙,吉万全,赵会贤,等. 面包专用粉小麦新品种陕麦 150 的选育与产业化开发[J]. 麦类作物学报,2000,20(1):74-77.
- [12] 龚道枝,王金平,康绍忠,等. 不同水分状况下桃树根茎液流变化规律研究[J]. 农业工程学报,2001,17(4):34-38.
- [13] Lo Gullo M A, Salleo S. Water storage in the wood and xylem cavitation in 1-year-old twigs of *Populus deltoids* [J]. Plant, Cell and Environment, 1992, 15(4):431-438.
- [14] 李会,刘钰,蔡甲冰,等. 夏玉米茎流速率和茎直径变化规律及其影响因素[J]. 农业工程学报,2011,27(10):187-191.